

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-113235

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/24			G 0 1 B 11/24	C
			11/02	H
G 0 6 T 7/00			G 0 6 F 15/02	4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全9頁)

(21) 出願番号 特願平7-267200
(22) 出願日 平成7年(1995)10月16日

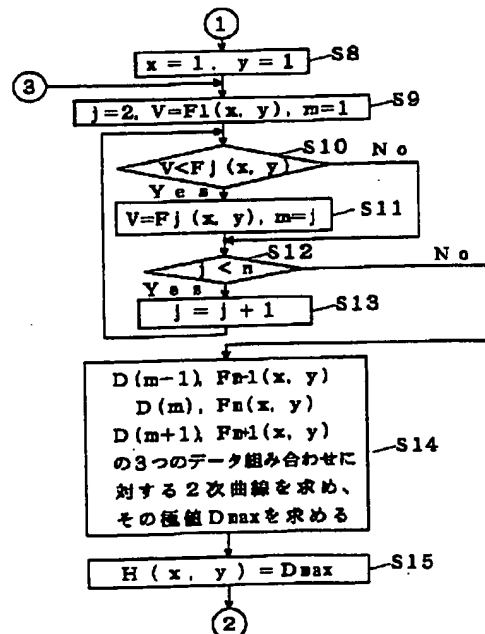
(71) 出願人 000207551
大日本スクリーン製造株式会社
京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1
(72) 発明者 堀江 正浩
京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内
(72) 発明者 中井 一博
京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内
(74) 代理人 弁理士 吉田 茂明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 三次元計測方法および表示方法、ならびに三次元計測装置

(57) 【要約】

【課題】 高さ方向における試料の相対移動量を小さくすることなく、高分解能で試料の表面形状を計測することができる三次元計測方法および装置を提供する。

【解決手段】 試料の高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で共焦点画像がそれぞれ撮像され、これらの共焦点画像に基づき、各画素ごとに以下のようにして当該画素に対応する試料の表面情報としての表面高さデータ $H(x, y)$ が求められる。まず、高さ方向において光量が最大となる第1高さ位置 $D(m)$ が求めるとともに、第1高さ位置 $D(m)$ での第1光量 $F_m(x, y)$ と、第1高さ位置 $D(m)$ の上方側および下方側でそれぞれ近接する第2および第3高さ位置 $D(m-1)$ 、 $D(m+1)$ での第2および第3光量 $F_{m-1}(x, y)$ 、 $F_{m+1}(x, y)$ が求められる。そして、これらに基づき、高さ位置に対する光量の変化を示す2次曲線が求められ、この2次曲線から光量の極値が求められる。さらに、この極値に対応する高さ位置 D_{max} が表面高さデータ $H(x, y)$ となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料の高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で複数の画素よりなる水平面の共焦点画像を撮像手段によりそれぞれ撮像し、これら複数の共焦点画像に基づき前記試料の表面情報を求める三次元計測方法において、

前記複数の共焦点画像に基づき、各画素ごとに前記高さ方向において光量が最大となる高さ位置を第 1 高さ位置として求める工程と、

各画素ごとに、前記第 1 高さ位置での第 1 光量と、前記第 1 高さ位置の上方側で近接する第 2 高さ位置での第 2 光量と、前記第 1 高さ位置の下方側で近接する第 3 高さ位置での第 3 光量とをそれぞれ求め、前記第 1 ないし第 3 高さ位置および前記第 1 ないし第 3 光量に基づき、高さ位置に対する光量の変化を 2 次曲線近似し、当該 2 次曲線から光量の極値を求め、さらに当該極値に対応する高さ位置を当該画素に対応する試料の表面情報として求める工程と、を備えたことを特徴とする三次元計測方法。

【請求項 2】 請求項 1 の三次元計測方法により得られる前記複数の共焦点画像、前記第 1 ないし第 3 高さ位置および前記表面情報に基づき、各画素に対応して試料表面を示すカラーの印を付して試料の表面形状を表示する三次元表示方法であって、

前記複数の共焦点画像を複数の色成分に分解する工程と、

各画素ごとに、前記第 1 ないし第 3 高さ位置での各色成分の光量を求め、高さ位置に対する光量の変化を各色成分ごとに 2 次曲線近似し、さらに当該 2 次曲線から前記表面情報に対応する補正済光量を各色成分ごとに求める工程と、

前記印の色成分の光量の比を前記補正済光量の比と一致させる工程と、を備えたことを特徴とする三次元表示方法。

【請求項 3】 請求項 1 の三次元計測方法により求められた 2 次曲線および表面情報に基づき、各画素に対応して試料表面を示す印を付して試料の表面形状を表示する三次元表示方法であって、

前記 2 次曲線から前記表面情報に対応する光量を求め、当該光量に基づき前記印の輝度を調整することを特徴とする三次元表示方法。

【請求項 4】 試料の高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で複数の画素よりなる水平面の共焦点画像をそれぞれ撮像する撮像手段と、

前記複数の高さ位置で前記撮像手段によりそれぞれ撮像された複数の共焦点画像に基づき、各画素ごとに前記高さ方向において光量が最大となる高さ位置を第 1 高さ位置として求めた後、各画素ごとに、前記第 1 高さ位置での第 1 光量と、前記第 1 高さ位置の上方側で近接する第 2 高さ位置での第 2 光量と、前記第 1 高さ位置の下方側

で近接する第 3 高さ位置での第 3 光量とをそれぞれ求め、前記第 1 ないし第 3 高さ位置および前記第 1 ないし第 3 光量に基づき、高さ位置に対する光量の変化を 2 次曲線近似し、当該 2 次曲線から光量の極値を求め、さらに当該極値に対応する高さ位置を当該画素に対応する試料の表面情報として求める表面情報決定手段と、を備えたことを特徴とする三次元計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、試料の高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で複数の画素よりなる水平面の共焦点画像をそれぞれ撮像し、これら複数の共焦点画像に基づき前記試料の表面情報を求める三次元計測方法および装置に関する。また、この発明は、上記三次元計測方法により求められた表面情報などに基づき試料の表面形状を表示する三次元表示方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置や液晶装置の製造に関する技術分野では、デバイス（装置）の微細化や製造工程の複雑化に伴い、基板表面の三次元構造を観察したり、測定したいというニーズが高まっている。これは、三次元的にデバイス観察を行うことで、製造プロセスの把握がより容易になるとともに、デバイスに生じる欠陥の種類や発生原因を突き止めることができる等の理由からである。また、バイオテクノロジーに関する技術分野においても、細胞や分子の三次元構造に対する関心の高まりにつれて、当該三次元構造を観察したり、測定したいというニーズが高くなっている。

【0003】このようなニーズに対応するべく、従来より、共焦点の原理を利用した共焦点顕微鏡が提案されている。例えば、特開平 6-308390 号公報に記載された共焦点顕微鏡は、試料を高さ方向に移動させながら、その高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で水平面の共焦点画像をそれぞれ撮像する構成を有している。そして、画素ごとに光量が最大となる光軸位置、つまり高さ方向における高さ位置を求め、これを試料表面を表す表面情報としている。

【0004】また、このようにして試料の三次元計測を行うとともに、この計測により求められた表面情報に基づき、CRT などの表示モニタに当該試料の表面形状を表示し、オペレータなどの観察に供している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記三次元計測においては、光軸方向の分解能を高めるためには、試料の移動量を小さくする必要がある。したがって、大きな測定範囲で高分解能を達成するためには、計測に多大な時間を要するという問題がある。

【0006】また、上記従来例によれば、高分解能で試料の表面情報を計測し、その表面情報に基づき表示モニタに試料の表面形状を表示しているため、試料の表面形

状を正確に表示することができるが、表示モニタ上での試料表面の明度や色相について考慮がなされておらず、表示モニタに映し出される試料表面が明度などの点で実際の試料表面と異なり、表示モニタを介して試料を観察するオペレータが試料表面を誤認識するおそれがある。したがって、単に試料の表面形状を正確に表示するのみにならず、表示モニタに試料の表面状態を正確に表示することが望まれている。

【0007】そこで、この発明は、上記課題を解決するためになされたもので、高さ方向における試料の相対移動量を小さくすることなく、高分解能で試料の表面形状を計測することができる三次元計測方法および装置を提供することを第1の目的とする。

【0008】また、この発明は、試料の表面形状のみならず、表面状態も正確に表示することができる三次元表示方法を提供することを第2の目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、試料の高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で複数の画素よりなる水平面の共焦点画像を撮像手段によりそれぞれ撮像し、これら複数の共焦点画像に基づき前記試料の表面情報を求める三次元計測方法であって、上記第1の目的を達成するため、前記複数の共焦点画像に基づき、各画素ごとに前記高さ方向において光量が最大となる高さ位置を第1高さ位置として求める工程と、各画素ごとに、前記第1高さ位置での第1光量と、前記第1高さ位置の上方側で近接する第2高さ位置での第2光量と、前記第1高さ位置の下方側で近接する第3高さ位置での第3光量とをそれぞれ求め、前記第1ないし第3高さ位置および前記第1ないし第3光量に基づき、高さ位置に対する光量の変化を2次曲線近似し、当該2次曲線から光量の極値を求め、さらに当該極値に対応する高さ位置を当該画素に対応する試料の表面情報として求める工程と、を備えている。

【0010】請求項2の発明は、請求項1の三次元計測方法により得られる前記複数の共焦点画像、前記第1ないし第3高さ位置および前記表面情報に基づき、各画素に対応して試料表面を示すカラーの印を付して試料の表面形状を表示する三次元表示方法であって、上記第2の目的を達成するため、前記複数の共焦点画像を複数の色成分に分解する工程と、各画素ごとに、前記第1ないし第3高さ位置での各色成分の光量を求め、高さ位置に対する光量の変化を各色成分ごとに2次曲線近似し、さらに当該2次曲線から前記表面情報に対応する補正済光量を各色成分ごとに求める工程と、前記印の色成分の光量の比を前記補正済光量の比と一致させる工程と、を備えている。

【0011】請求項3の発明は、請求項1の三次元計測方法により求められた2次曲線および表面情報に基づき、各画素に対応して試料表面を示す印を付して試料の

表面形状を表示する三次元表示方法であって、上記第2の目的を達成するため、前記2次曲線から前記表面情報に対応する光量を求め、当該光量に基づき前記印の輝度を調整している。

05 【0012】請求項4の発明は、上記第1の目的を達成するため、試料の高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で複数の画素よりなる水平面の共焦点画像をそれぞれ撮像する撮像手段と、前記複数の高さ位置で前記撮像手段によりそれぞれ撮像された複数の共焦点画像に基づき、各画素ごとに前記高さ方向において光量が最大となる高さ位置を第1高さ位置として求めた後、各画素ごとに、前記第1高さ位置での第1光量と、前記第1高さ位置の上方側で近接する第2高さ位置での第2光量と、前記第1高さ位置の下方側で近接する第3高さ位置での第3光量とをそれぞれ求め、前記第1ないし第3高さ位置および前記第1ないし第3光量に基づき、高さ位置に対する光量の変化を2次曲線近似し、当該2次曲線から光量の極値を求め、さらに当該極値に対応する高さ位置を当該画素に対応する試料の表面情報として求める表面情報決定手段と、を備えている。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は、この発明にかかる三次元計測装置の一実施形態を示す図である。この三次元計測装置では、顕微鏡ステージ11が高さ方向Zに移動自在に設けられるとともに、装置全体を制御する制御部20からの信号に応じて駆動するモータ12と連結されている。したがって、顕微鏡ステージ11の上面に試料OBを載置した後モータ12を適当に制御することで、試料OBを高さ方向Zの任意の高さ位置に位置決めすることができる。このように、この実施形態では、顕微鏡ステージ11とモータ12とで、試料OBを高さ方向Zにおいて互いに異なる複数の高さ位置に位置決めする移動手段が構成されている。

【0014】また、顕微鏡ステージ11の上方位置において、試料OBの共焦点画像を撮像するための撮像ユニット30が配置されている。この撮像ユニット30は、キセノンランプなどの光源31と、共焦点用光スキャナ32と、対物レンズ33と、カラーCCDカメラ34とで備えており、上記のようにして所定の高さ位置に位置決めされた試料OBの水平面XYの共焦点画像をカラーCCDカメラ34で撮像し、赤、緑および青成分ごとに当該画像に関連するアナログ画像信号を制御部20のビデオキャプチャ21に与える。

【0015】制御部20では、ビデオキャプチャ21に与えられたアナログ画像信号がデジタル信号に変換され、後で詳述する三次元計測処理のためにCPU22に与える。このCPU22は図示を省略する入出力ポートを介してモータ12と接続されており、モータ12を制御して試料OBを高さ方向Zに互いに異なる高さ位置に位置決めしながら各高さ位置での水平面XYの共焦点画

像を得るとともに、これら複数の共焦点画像に基づき後で詳説する三次元計測処理を実行して試料OBの表面を表す表面情報を求める。このように本実施形態では、制御部20が試料OBの表面情報を決定する表面情報決定手段として機能する。また、CPU22は入出力ポートを介して表示モニタ40と接続されており、求められた表面情報や内部情報に基づき試料OBの表面形状や断面形状を表示モニタ40上に表示する。なお、同図における符号23は画像データ等を一時的に記憶したり、後述の三次元計測処理を実行するためのプログラムなどを記憶するメモリである。

【0016】なお、この実施形態では、撮像ユニット30を固定し、顕微鏡ステージ11を高さ方向Zに移動させているが、顕微鏡ステージ11を固定しておき、撮像ユニット30、あるいは対物レンズ33を高さ方向Zに移動させる形態であっても試料OBの共焦点画像を異なる高さ位置で複数得ることができる。

【0017】図2ないし図4は上記のように構成された三次元計測装置の動作を示すフローチャートである。

【0018】まず、オペレータが制御部20に設けられたキーボード（図示省略）を介して顕微鏡ステージ11の下限高さZl、上限高さZhおよび取り込み画像枚数n（ $n > 2$ ）を入力する（ステップS1）。ここで、「取り込み画像枚数n」とは、顕微鏡ステージ11を何段階に位置決めしながら各高さ位置で試料OBの共焦点画像を撮像するかを示す値である。

【0019】そして、ステップS1で与えられた値を次式、

$$\Delta Z = (Zh - Zl) / (n - 1)$$

に代入してステージ移動ピッチ ΔZ を演算し、メモリ23に記憶する（ステップS2）。

【0020】それに続いて、制御部20からモータ12に駆動指令信号を与えて、顕微鏡ステージ11を下限高さZl（高さ位置D（1））に位置決めする（図5（a））とともに、カウント値jを「1」に初期化する（ステップS3）。このカウント値jは顕微鏡ステージ11の高さ位置に関連するものであり、「1」から「n」までの整数値をとる。

【0021】次に、ステップS4～S7をn回実行して顕微鏡ステージ11を下限高さZlから上限高さZhの範囲内で互いに異なる高さ位置に位置決めしながら、各高さ位置で水平面XYの共焦点画像Fjを撮像し、メモリ23に記憶する。すなわち、ステップS4で試料OBの相対高さ位置D（j）を次式、

$$D(j) = Zh - Zl - \Delta Z \times (j - 1)$$

にしたがって演算する。また、ステップS5で、その高さ位置D（j）での共焦点画像Fjを撮像し、メモリ23に格納する。このことを概念的に示したのが、図6であり、例えば下限高さ位置D（1）では共焦点画像F1が、また高さ位置D（2）では共焦点画像F2が、さら

に図5（b）に示す上限高さ位置D（n）では共焦点画像Fnがそれぞれ撮像され、メモリ23に格納される。

そして、ステップS6で画像取り込みをn回実行したかどうかを判別する。このステップS6で「No」と判断される間、ステップS7で顕微鏡ステージ11をステージ移動ピッチ ΔZ だけ上昇させるとともに、カウント値jを「1」だけインクリメントする。一方、ステップS6で「Yes」と判別されると、ステップS4～S7の処理ループを抜け出し、ステップS8に進む。

【0022】ステップS8では、共焦点画像を構成する画素のX、Y座標をそれぞれ示すカウンタ値x、yを「1」、「1」に初期化する。

【0023】また、ステップS9では、カウンタ値j、mをそれぞれ「2」、「1」に初期化するとともに、比較値Vとして共焦点画像F1の画素（x、y）での赤、緑および青成分の光量を足し合わせた光量F1（x、y）を与える。ここで、カウンタ値mは当該画素（x、y）で光量が最大となる高さ位置を示す値であり、次に説明するように求められる。

【0024】なお、以下における説明の便宜から、高さ位置D（j）での画素（x、y）の各色成分（赤、緑および青）の光量をそれぞれ符号「FRj（x、y）」、「FGj（x、y）」、「FBj（x、y）」で示すとともに、これらの光量FRj（x、y）、FGj（x、y）、FBj（x、y）を足し合わせた光量を符号「Fj（x、y）」で示すこととする。

【0025】ステップS10では、共焦点画像Fjの画素（x、y）での光量Fj（x、y）が比較値Vよりも大きいかどうかを判別する。ここで、「Yes」と判別されると、比較値VをFj（x、y）に更新し、カウント値mをカウンタ値jと一致させた（ステップS11）後、次のステップS12に進む。一方、ステップS10で「No」と判別されると、ステップS11の処理を実行することなく、直ちに次のステップS12に進む。

【0026】次のステップS12では、カウンタ値jがステップS1で入力された取り込み画像枚数nより小さいかどうかを判別し、「Yes」と判別される間、ステップS13でカウンタ値jを「1」だけインクリメントした後、上記ステップS10、S11の処理を繰り返す。このように、ステップS10～S13を繰り返すことにより当該画素（x、y）で最大光量をとる高さ位置、つまり第1高さ位置を求める（第1高さ位置決定処理）。一方、ステップS12で「No」と判別されると、この第1高さ位置決定処理から抜け出し、ステップS14を実行する。

【0027】このステップS14では、上記のようにして求められたカウンタ値mでの第1高さ位置D（m）での第1光量Fm（x、y）を求めるとともに、第1高さ位置D（m）の上方側で近接する第2高さ位置D（m-1）での第2光量Fm-1（x、y）と、第1高さ位置D

(m) の下方側で近接する第3高さ位置 $D(m+1)$ での第3光量 $F_{m+1}(x, y)$ とをそれぞれ求める。そして、これらのデータ組み合わせ

$D(m-1)$, $F_{m-1}(x, y)$ 、

$D(m)$, $F_m(x, y)$ 、

$D(m+1)$, $F_{m+1}(x, y)$ 、

に対する2次曲線(図7)を求めた後、この2次曲線から光量の極値を求め、その極値に対応する高さ位置 D_{max} を求める。そして、このようにして求めた高さ位置 D_{max} を表面情報たる表面高さデータ (x, y) に与える(ステップS15)。

【0028】このように、この実施形態では、従来例と同様に画素 (x, y) での光量が最大となる高さ方向Zにおける高さ位置(上記実施形態での第1高さ位置 $D(m)$ に相当する)を求めるのみならず、その高さ位置 $D(m)$ と、その高さ位置 $D(m)$ と上下側でそれぞれ近接する第2および第3高さ位置 $D(m-1)$, $D(m+1)$ と、さらに各高さ位置 $D(m)$, $D(m-1)$, $D(m+1)$ での第1ないし第3光量 $F_m(x, y)$, $F_{m-1}(x, y)$, $F_{m+1}(x, y)$ とに基づき表面高さ位置 $H(x, y)$ 、つまり表面情報を補正している。このため、この実施形態によれば、試料OBの移動量(ステージ移動ピッチ ΔZ)を小さくすることなく、高分解能で試料OBの表面情報たる表面高さデータ (x, y) を求めることができる。

【0029】上記のようにして画素 (x, y) に対する表面高さデータ $H(x, y)$ が求まると、ステップS16~S21を実行して高さ位置 D_{max} での各色成分の光量 $IR(x, y)$, $IG(x, y)$, $IB(x, y)$ を各色成分ごとの補正済光量としてそれぞれ求める。すなわち、ステップS16で、第1ないし第3高さ位置 $D(m)$, $D(m-1)$, $D(m+1)$ での赤成分の光量 $FR_m(x, y)$, $FR_{m-1}(x, y)$, $FR_{m+1}(x, y)$ をそれぞれ求め、これらのデータ組み合わせ

$D(m-1)$, $FR_{m-1}(x, y)$ 、

$D(m)$, $FR_m(x, y)$ 、

$D(m+1)$, $FR_{m+1}(x, y)$ 、

に対する2次曲線(図8)を求める。そして、ステップS17で、その2次曲線より高さ位置(表面高さ位置) D_{max} での光量 $FR(x, y)$ を赤成分の光量 $IR(x, y)$ として求め、メモリ23に記憶する。

【0030】それに続いて、赤成分に対して行ったと同様の処理(ステップS16, S17)を、緑および青成分に対して行う。

【0031】つまり、ステップS18で、第1ないし第3高さ位置 $D(m)$, $D(m-1)$, $D(m+1)$ での緑成分の光量 $FG_m(x, y)$, $FG_{m-1}(x, y)$, $FG_{m+1}(x, y)$ をそれぞれ求め、これらのデータ組み合わせ

$D(m-1)$, $FG_{m-1}(x, y)$ 、

$D(m)$, $FG_m(x, y)$ 、

$D(m+1)$, $FG_{m+1}(x, y)$ 、

に対する2次曲線(図9)を求めた後、次のステップS19で、その2次曲線より高さ位置(表面高さ位置) D_{max} での光量 $FG(x, y)$ を緑成分の光量 $IG(x, y)$ として求め、メモリ23に記憶する。

【0032】また、ステップS20で、第1ないし第3高さ位置 $D(m)$, $D(m-1)$, $D(m+1)$ での青成分の光量 $FB_m(x, y)$, $FB_{m-1}(x, y)$, $FB_{m+1}(x, y)$ をそれぞれ求め、これらのデータ組み合わせ

$D(m-1)$, $FB_{m-1}(x, y)$ 、

$D(m)$, $FB_m(x, y)$ 、

$D(m+1)$, $FB_{m+1}(x, y)$ 、

に対する2次曲線(図10)を求めた後、次のステップS21で、その2次曲線より高さ位置 D_{max} での光量 $FB(x, y)$ を青成分の光量 $IB(x, y)$ として求め、メモリ23に記憶する。

【0033】上記のようにして、画素 (x, y) に対する表面高さデータ $H(x, y)$ 、各色成分ごとの補正済光量 $IR(x, y)$, $IG(x, y)$, $IB(x, y)$ が求まると、次のステップS22で、 $x=x_{max}$ かつ $y=y_{max}$ が満足されているかどうか、つまりすべての画素 (x, y) について表面高さデータ $H(x, y)$ および補正済光量 $IR(x, y)$, $IG(x, y)$, $IB(x, y)$ を求めたかどうかを判別し、このステップS22での判別の結果が「No」の間、ステップS23でカウンタ値(座標値) x, y を適当に設定することで対象画素をずらした後、上記処理(ステップS9~S21)を繰り返す。こうして、すべての画素 (x, y) について試料OBの表面高さ位置を表す表面高さデータ $H(x, y)$ および補正済光量 $IR(x, y)$, $IG(x, y)$, $IB(x, y)$ を求める。

【0034】そして、ステップS24で、表面高さデータ $H(x, y)$ に基づき各画素に対応して試料表面を表すカラーの印を付すことで表示モニタ40上に試料OBの表面形状を表示する。この際、印の色成分の光量を、その光量の比が補正済光量 $IR(x, y)$, $IG(x, y)$, $IB(x, y)$ の比と一致するように、調整する。これによって、実際に観察される共焦点画像と同一の色相で試料OBの表面を表示モニタ40に映し出すことができ、試料OBの表面形状を正確に表示することはもちろん、試料の表面状態も正確に表示することができる。

【0035】なお、上記実施形態では、第1高さ位置 $D(m)$ を中心として上方側および下方側で近接する高さ位置をそれぞれ1つずつ選択して、3つのデータ組み合わせにより2次曲線を求めているが、上方側および下方側で選択する高さ位置の数は任意である。

【0036】また、上記実施形態では、試料OBの表面

を表す印をカラーの印としているが、モノクロの印を使用してもよい。この場合、ステップ S 1 6 ~ S 2 1 を実行する代わりに、図 7 に示すようにステップ S 1 4 において求められた 2 次曲線より高さ位置 D_{\max} での光量 $F(x, y)$ を補正済光量として求め、この補正済光量に基づき表示モニタ 4 0 に表示する印の輝度を調整する。このように印の輝度を調整することで、実際に観察される共焦点画像と同一の明度で試料 O B の表面を表示モニタ 4 0 に映し出すことができ、試料の表面状態も正確に表示することができる。

【0037】

【発明の効果】請求項 1 および 4 の発明によれば、試料の高さ方向において互いに異なる複数の高さ位置で共焦点画像をそれぞれ撮像し、これらの共焦点画像に基づき、各画素ごとに高さ方向において光量が最大となる高さ位置を第 1 高さ位置として求めた後、各画素ごとに、第 1 高さ位置での第 1 光量と、第 1 高さ位置の上方側で近接する第 2 高さ位置での第 2 光量と、第 1 高さ位置の下方側で近接する第 3 高さ位置での第 3 光量とをそれぞれ求め、第 1 ないし第 3 高さ位置および第 1 ないし第 3 光量に基づき、高さ位置に対する光量の変化を 2 次曲線近似し、この 2 次曲線から光量の極値を求め、この極値に対応する高さ位置を当該画素に対応する試料の表面情報として求めている。このため、試料の移動量を小さくすることなく、高分解能で試料の表面情報を求めて試料の表面形状を計測することができる。

【0038】請求項 2 の発明によれば、請求項 1 の三次元計測方法において求められた複数の共焦点画像を複数の色成分に分解した後、各画素ごとに、第 1 ないし第 3 高さ位置での各色成分の光量を求め、高さ位置に対する光量の変化を各色成分ごとに 2 次曲線近似し、さらに当該 2 次曲線から表面情報に対応する補正済光量を各色成分ごとに求め、さらに試料表面を示す印の色成分の光量の比が補正済光量の比と一致するように調整しながら各画素に対応して印を付して試料の表面形状を表示しているので、実際の試料表面の色相で表示することができ、試料の表面を正確に表示することができる。

【0039】請求項 3 の発明によれば、請求項 1 の三次元計測方法により求められた 2 次曲線から表面情報に対応する光量を求め、当該光量に基づき試料表面を示す印の輝度を調整しながら各画素に対応して印を付して試料の表面形状を表示しているので、実際の試料表面の明度で表示することができ、試料の表面状態を正確に表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明にかかる三次元計測装置の一実施形態を示す図である。

【図 2】図 1 の三次元計測装置の動作を示すフローチャートである。

【図 3】図 1 の三次元計測装置の動作を示すフローチャートである。

05 【図 4】図 1 の三次元計測装置の動作を示すフローチャートである。

【図 5】図 1 の三次元計測装置の動作を示す模式図である。

10 【図 6】高さ位置 $D(j)$ と、各高さ位置 $D(j)$ での共焦点画像 F_j との関係を示す概念図である。

【図 7】高さ位置 $D(m)$ の近傍での、高さ位置と光量との関係を示す図である。

【図 8】高さ位置 $D(m)$ の近傍での、高さ位置と赤成分の光量との関係を示す図である。

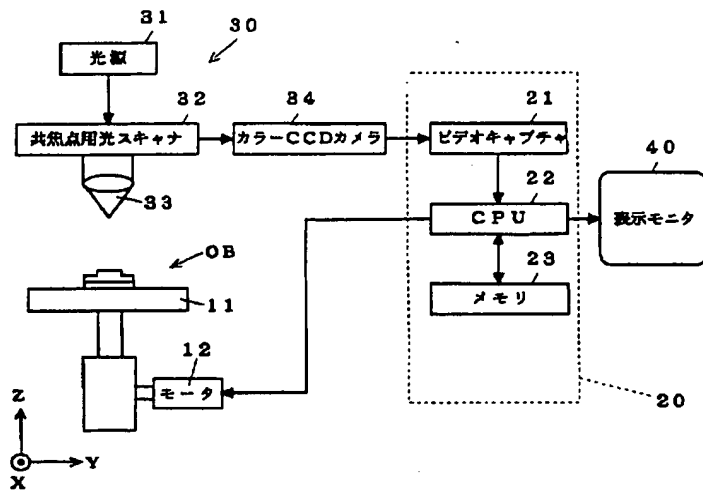
15 【図 9】高さ位置 $D(m)$ の近傍での、高さ位置と緑成分の光量との関係を示す図である。

【図 10】高さ位置 $D(m)$ の近傍での、高さ位置と青成分の光量との関係を示す図である。

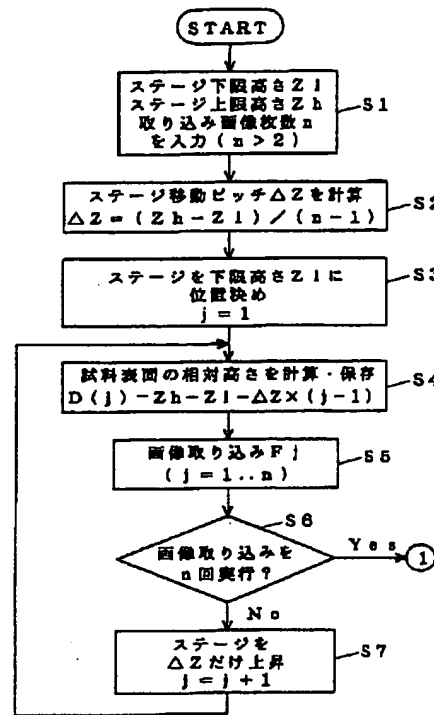
【符号の説明】

- 20 1 1 顕微鏡ステージ
- 1 2 モータ
- 2 0 制御部
- 3 0 撮像ユニット
- 4 0 表示モニタ
- 25 $D(m)$ (第 1) 高さ位置
- $D(m-1)$ (第 2) 高さ位置
- $D(m+1)$ (第 3) 高さ位置
- $F_1, F_2, \dots, F_j, \dots, F_n$ 共焦点画像
- $F(x, y)$ 赤、緑および青成分の光量を足し合わせた光量
- 30 $F_B(x, y)$ 青成分の光量
- $F_{Bm}(x, y)$ 青成分の第 1 光量
- $F_{Bm-1}(x, y)$ 青成分の第 2 光量
- $F_{Bm+1}(x, y)$ 青成分の第 3 光量
- 35 $F_G(x, y)$ 緑成分の光量
- $F_{Gm}(x, y)$ 緑成分の第 1 光量
- $F_{Gm-1}(x, y)$ 緑成分の第 2 光量
- $F_{Gm+1}(x, y)$ 緑成分の第 3 光量
- $F_R(x, y)$ 赤成分の光量
- 40 $F_{Rm}(x, y)$ 赤成分の第 1 光量
- $F_{Rm-1}(x, y)$ 赤成分の第 2 光量
- $F_{Rm+1}(x, y)$ 赤成分の第 3 光量
- I, I_B, I_G, I_R 補正済光量
- $H(x, y)$ 表面高さデータ (表面情報)
- 45 O B 試料
- Z 高さ方向

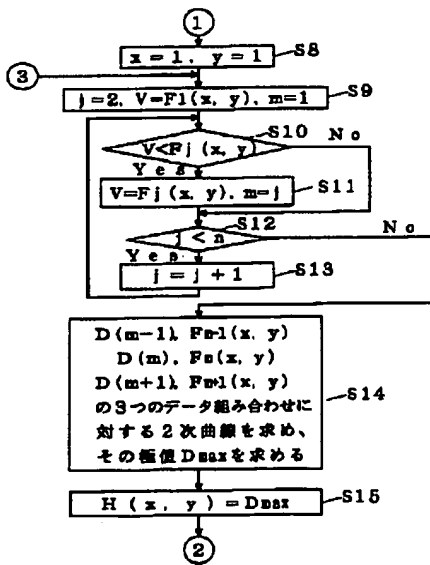
【図1】



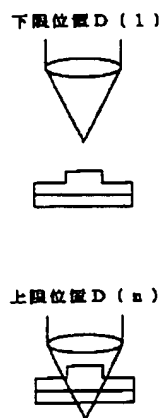
【図2】



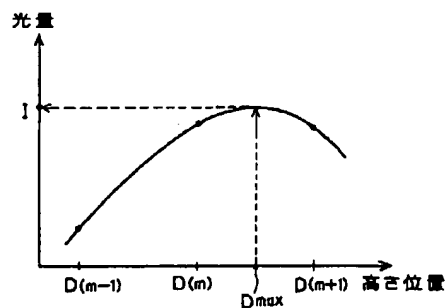
【図3】



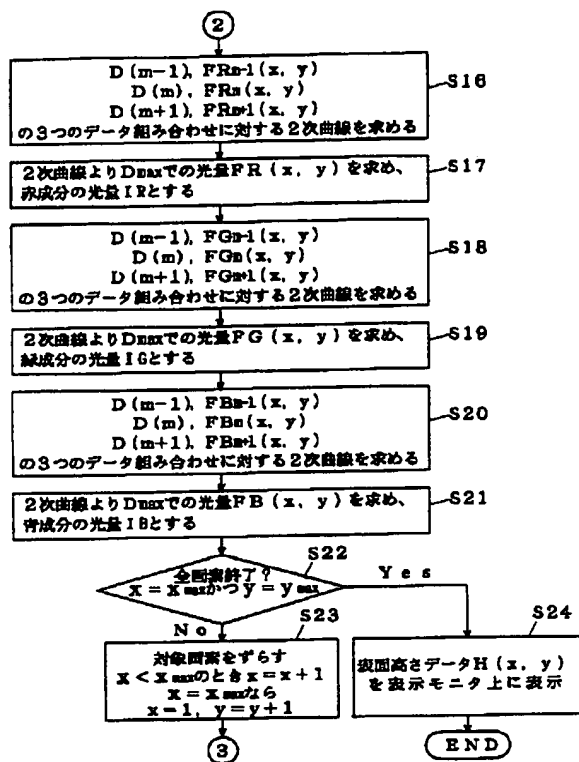
【図5】



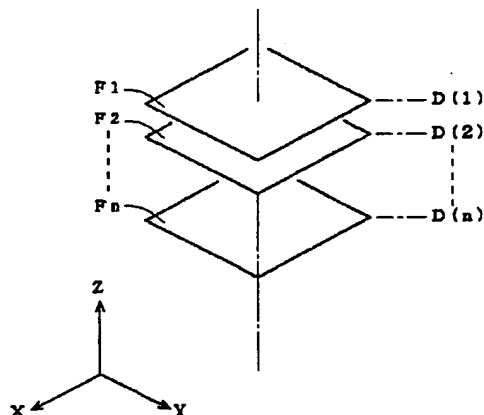
【図7】



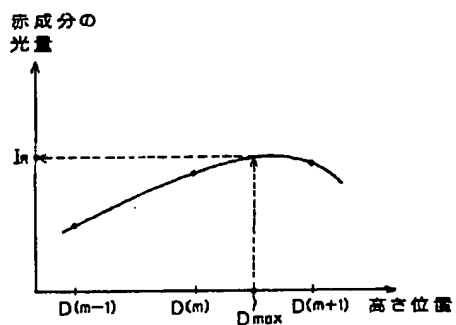
【図4】



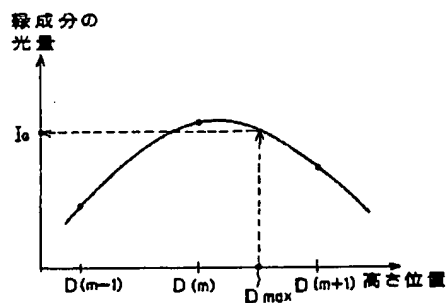
【図6】



【図8】



【図9】



【図10】

